

《环境工程学一》作业

来自 Xzonn 的小站

更新于 2020-01-03 23:02 · 渲染于 2021-01-11 14:40



目录

第 1 次作业	2	7.	7
1.	2	(1)	7
2.	2	(2)	8
(1)	2	(3)	8
(2)	2	8.	8
3.	2	第 3 次作业	8
(1)	2	1.	8
(2)	2	2.	8
(3)	3	3.	9
4.	3	4.	9
(1)	3	5.	9
(2)	3	6.	9
(3)	3	7.	9
5.	3	8.	10
(1)	3	9.	11
(2)	4	10.	11
(3)	4	(1)	11
(4)	4	(2)	11
第 2 次作业	4	11.	11
1.	4	(1)	11
(1)	4	(2)	11
(2)	5	(3)	11
2.	5	12.	11
(1)	5	13.	12
(2)	5	14.	12
(3)	5	15.	13
3.	6	16.	13
4.	6	(1)	13
(1)	6	(2)	13
(2)	6	(3)	14
(3)	6		
5.	6		
6.	7		

第 1 次作业

1.

$$\text{SO}_2: w_V = \frac{w_m V_m}{M} = \frac{0.15 \times 22.4}{64} = 52.5 \text{ ppb},$$

$$\text{NO}_2: w_V = \frac{w_m V_m}{M} = \frac{0.12 \times 22.4}{46} = 58.4 \text{ ppb},$$

$$\text{CO}: w_V = \frac{w_m V_m}{M} = \frac{4.00 \times 22.4}{28} = 3.2 \text{ ppm}.$$

2.

(1)

$$w_m = \frac{w_V M}{V_m} = \frac{1.50 \times 10^{-4} \times 154 \times 1000}{22.4} \text{ g/m}_N^3 = 1.03 \text{ g/m}_N^3;$$

$$c = \frac{w_V}{V_m} = \frac{1.50 \times 10^{-4} \times 1000}{22.4} \text{ g/m}_N^3 = 67.0 \text{ mol/m}_N^3.$$

(2)

$$m = q w_m t = \frac{10 \times 1.03 \times 86400}{1000} \text{ kg} = 890 \text{ kg}.$$

3.

取 100 g 重油, 则各元素的含量为: C: 85.5 g \rightarrow 7.12 mol, H: 11.3 g \rightarrow 11.2 mol, O: 2.0 g \rightarrow 0.125 mol, N: 0.2 g \rightarrow 0.0143 mol, S: 1.0 g \rightarrow 0.03125 mol

(1)

$$\text{① 理论耗氧量: } \frac{7.12 + \frac{1}{4} \times 11.2 + 0.03125 - \frac{1}{2} \times 0.125}{0.1} \text{ mol/kg} = 98.9 \text{ mol/kg}, \quad \text{理论空气}$$

$$\text{量: } 4.78 \times 98.9 \text{ mol/kg} = 473 \text{ mol/kg}, \quad \text{即 } \frac{473 \times 22.4}{1000} \text{ m}^3/\text{kg} = 10.6 \text{ m}^3/\text{kg},$$

$$\text{理论烟气量: } \left(\frac{7.12 + \frac{1}{2} \times 11.2 + \frac{1}{2} \times 0.0143 + 0.03125}{0.1} + 3.78 \times 98.9 \right) \text{ mol/kg} = 501 \text{ mol/kg}, \quad \text{即}$$

$$\frac{501 \times 22.4}{1000} \text{ m}^3/\text{kg} = 11.2 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

(2)

$$\text{理论干烟气量: } \left(501 - \frac{\frac{1}{2} \times 11.2}{0.1} \right) \text{ mol/kg} = 445 \text{ mol/kg}, \quad \text{即 } \frac{445 \times 22.4}{1000} \text{ m}^3/\text{kg} = 9.97 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

$$\text{SO}_2 \text{ 浓度: } \frac{0.03125}{0.1 \times 445} = 7.02 \times 10^{-4}, \text{ CO}_2 \text{ 最大浓度: } \frac{7.12}{0.1 \times 331} = 0.16。$$

(3)

$$\text{实际空气量: } 1.1 \times 10.6 \text{ m}^3/\text{kg} = 11.7 \text{ m}^3/\text{kg}, \text{ 实际烟气量: } 11.2 + 0.1 \times 10.6 \text{ m}^3/\text{kg} = 12.3 \text{ m}^3/\text{kg}。$$

4.

取 100 g 燃煤, 则各元素的含量为: C: 65.7 g \rightarrow 5.475 mol, H: 3.2 g \rightarrow 3.17 mol, O: 2.3 g \rightarrow 0.144 mol, S: 1.7 g \rightarrow 0.0531 mol, 水分: 9.0 g \rightarrow 0.500 mol。

(1)

$$\text{理论耗氧量: } \frac{5.475 + \frac{1}{4} \times 3.17 + 0.0531 - \frac{1}{2} \times 0.144}{0.1} \text{ mol/kg} = 62.5 \text{ mol/kg}, \quad \text{即}$$

$$\frac{62.5 \times 22.4}{1000} \text{ m}^3/\text{kg} = 1.4 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$\text{理论空气量: } 4.78 \times 1.4 \text{ m}^3/\text{kg} = 6.7 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$\text{理论烟气量: } \left(\frac{5.475 + \frac{1}{2} \times 3.17 + 0.0531 + 0.500}{0.1} + 3.78 \times 62.5 \right) \text{ mol/kg} = 312.1 \text{ mol/kg}, \quad \text{即}$$

$$\frac{312.1 \times 22.4}{1000} \text{ m}^3/\text{kg} = 7.0 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$\text{SO}_2 \text{ 的浓度: } \frac{0.0531 \times 22.4}{0.1 \times 1000 \times 7.0} = 1.70 \times 10^{-3}。$$

(2)

$$\text{灰分含量: } \frac{18.1 \times 10 \times 80 \%}{7.0} \times 10^6 \text{ mg/m}^3 = 2.07 \times 10^4 \text{ mg/m}^3。$$

(3)

$$1 \text{ t 燃煤含有 S 含量为 } 17 \text{ kg}, \text{ 物质的量 } \frac{17}{32} \text{ mol} = 0.531 \text{ mol}; \quad \text{则需要 Ca 质量为}$$

$$0.531 \times 40 \times 1.7 \text{ kg} = 36.1 \text{ kg}, \text{ 石灰石的质量为 } \frac{28.9}{35 \%} \text{ kg} = 103.2 \text{ kg}。$$

5.

(1)

$$\text{烟道气中 N}_2 \text{ 的体积分数为 } 1 - 0.11 - 0.08 - 0.02 - 120 \times 10^{-6} = 0.79, \text{ 则空气过剩}$$

$$\alpha = \frac{0.08 - 0.5 \times 0.02}{0.264 \times 0.79 - 0.08 + 0.5 \times 0.02} = 0.505。$$

(2)

1 m³ 该状态下气体含有气体物质的量为: $\frac{700 \times 133.322}{8.31 \times 443} \text{mol} = 25.35 \text{ mol}$, 则 SO₂ 排放浓度为 $120 \times 10^{-6} \times 25.35 \times 64 \times 10^6 \mu\text{g/m}^3 = 1.94 \times 10^5 \mu\text{g/m}^3$ 。

(3)

干烟道气排放流量为 $5663.37 \times (1 - 0.08) \text{m}^3/\text{min} = 5210.30 \text{ m}^3/\text{min}$, 校准至标况: $\frac{5210.30 \times 700 \times 133.322 \times 273.15}{443 \times 101325} = 2958.99 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

(4)

标况下颗粒物浓度: $\frac{30.0 \times 5210.30}{2958.99} \text{g/m}^3 = 52.83 \text{ g/m}^3$ 。

第 2 次作业

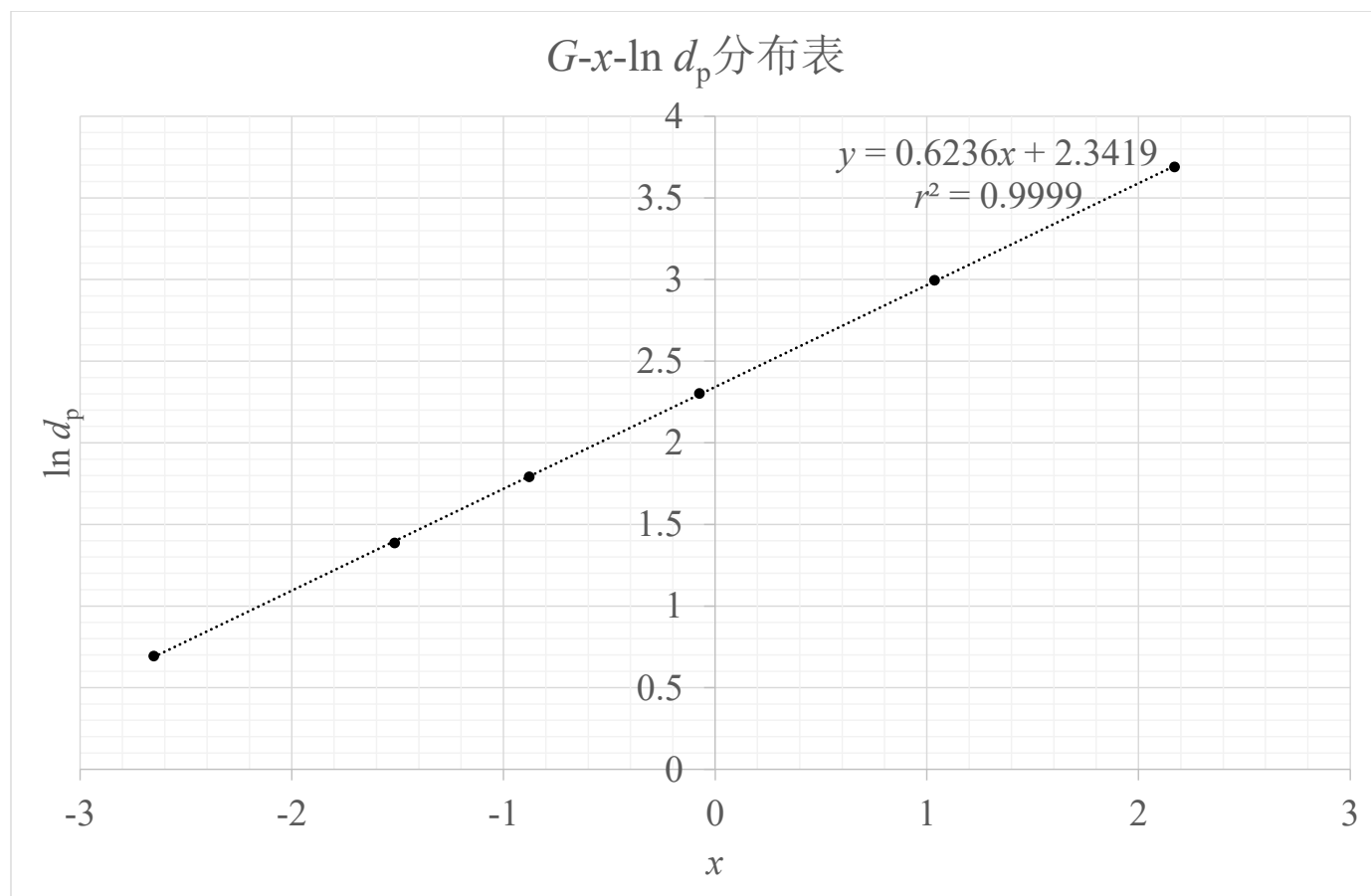
1.

(1)

由已知, 列表, 如表 2-1 所示:

表 2-1 $G - x - \ln d_p$ 分布表			
G	x 标准正态分布对应随机变量	d_p (μm)	$\ln d_p$
0.004	-2.652069808	2	0.693147181
0.065	-1.514101888	4	1.386294361
0.19	-0.877896295	6	1.791759469
0.47	-0.075269862	10	2.302585093
0.85	1.036433389	20	2.995732274
0.985	2.170090378	40	3.688879454

作图:



由图得: $r^2 = 0.9999$, 说明该粉尘的粒径分布符合对数正态分布。

(2)

由图得: $\ln \sigma = 0.6236$, 几何标准差 $\sigma = e^{0.6236} = 1.866$ 。

质量中位直径 $MMD = e^{2.3419} = 10.40 \mu\text{m}$,

个数中位直径 $NMD = MMD \cdot e^{-3 \ln^2 \sigma} = 3.24 \mu\text{m}$,

算术平均直径 $\bar{d}_L = MMD \cdot e^{-5/2 \ln^2 \sigma} = 3.93 \mu\text{m}$,

表面积-体积平均直径 $\bar{d}_{SV} = MMD \cdot e^{-1/2 \ln^2 \sigma} = 8.56 \mu\text{m}$ 。

2.

(1)

处理气体流量: $Q_{1,N} = 10000 \text{ m}_N^3/\text{h}$, $Q_{2,N} = 12000 \text{ m}_N^3/\text{h}$, 则 $Q_N = \frac{1}{2}(Q_{1,N} + Q_{2,N}) = 11000 \text{ m}_N^3/\text{h}$ 。

(2)

漏风率: $\delta = \frac{Q_{1,N} - Q_{2,N}}{Q_{1,N}} \times 100\% = -20\%$ 。

(3)

除尘效率: 考虑漏风, $\eta = 1 - \frac{\rho_{1,N} Q_{1,N}}{\rho_{2,N} Q_{2,N}} = 90.3\%$ 。不考虑漏风, $\eta = 1 - \frac{\rho_{1,N}}{\rho_{2,N}} = 91.9\%$ 。

3.

进 气 口 气 流 流 速 $v = \frac{Q_{1,N} \frac{T_1}{T_0}}{S} = 17.94 \text{ m/s}$, 气 体 密 度 $\rho = \frac{(p_0 - p)M}{RT} = 0.831 \text{ kg/m}^3$ 。 压 力 损 失 $\Delta p = \frac{\varepsilon \rho v_1^2}{2} = 1310 \text{ Pa}$ 。

4.

(1)

总除尘效率: $\eta = 1 - (1 - 80 \%) (1 - 95 \%) = 99 \%$ 。

(2)

排放浓度: $c = \frac{\rho_1 (1 - \eta)}{Q} = \frac{22.2 \times (1 - 99 \%) }{2.22} \text{ g/m}^3 = 0.1 \text{ g/m}^3$ 。

(3)

排放量: $\rho_2 = \rho_1 (1 - \eta) = 22.2 \times (1 - 99 \%) \text{ g/s} = 0.222 \text{ g/s}$ 。

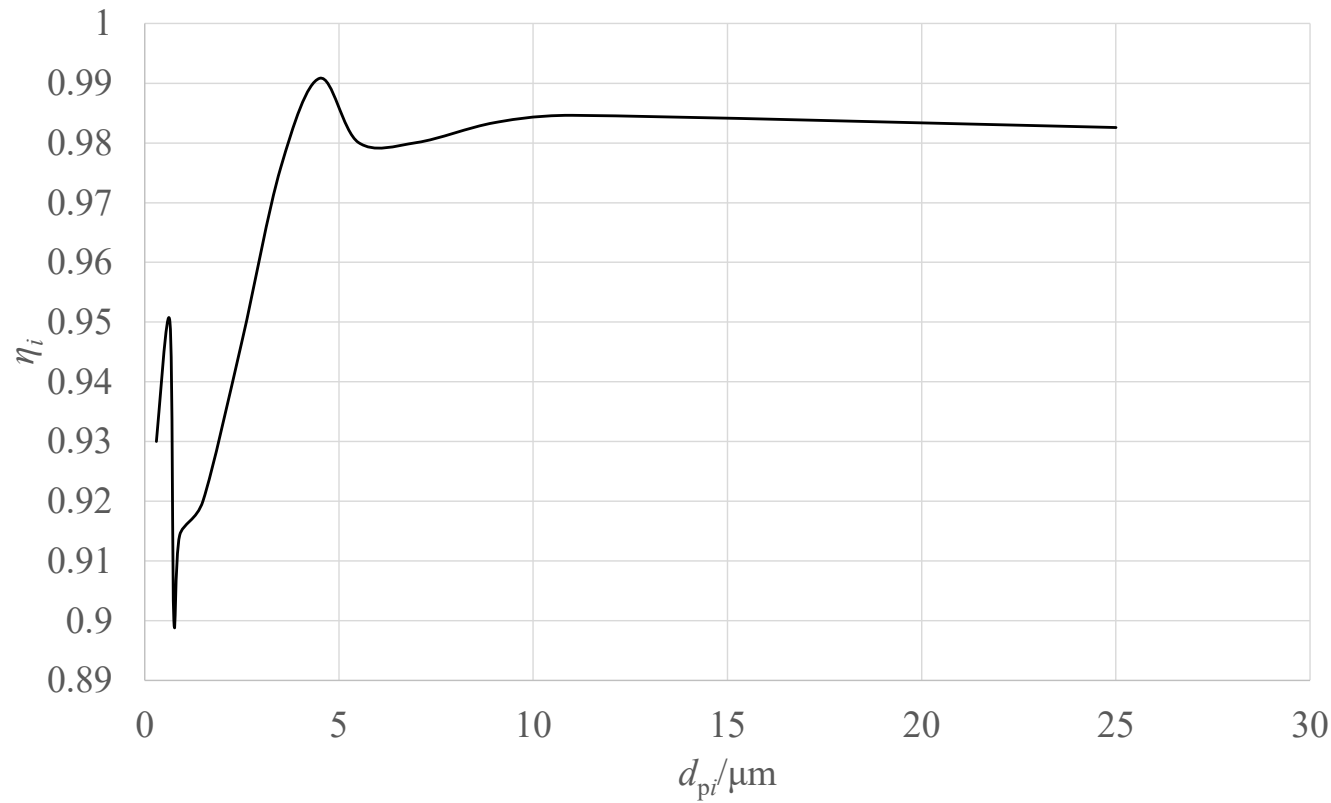
5.

由公式: $\eta_i = 1 - P \frac{g_{2i}}{g_{1i}}$, 列表, 如表 2-2 所示:

表 2-2 分级除尘效率														
粒径间隔/ μm		<0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~1.0	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~8	8~10	10~12	20~30
质量频率 / %	进口 / g_{1i}	2	0.4	0.4	0.7	3.5	6	24	13	2	2	3	11	8
	出口 / g_{2i}	7	1	2	3	14	16	29	6	2	2	2.5	8.5	7
分级除尘效率/ η_i		0.930	0.950	0.900	0.914	0.920	0.947	0.976	0.991	0.980	0.980	0.983	0.985	0.983

作图:

分级除尘效率曲线



6.

由公式: $\eta = \sum_i n_i \eta_i$, 列表, 如表 2-3 所示:

表 2-3 分级除尘效率

平均粒 径/ μm	0.25	1	2	3	4	5	6	7	8	10	14	20	>23.5
质量频 率/ %	0.1	0.4	9.5	20	20	15	11	8.5	5.5	5.5	4	0.8	0.2
分级效 率/ %	8	30	47.5	60	68.5	75	81	86	89.5	95	98	99	100
$n_i \eta_i$	0.00008	0.0012	0.045125	0.12	0.137	0.1125	0.0891	0.0731	0.049225	0.05225	0.0392	0.00792	0.002

求得 $\eta = 72.87\%$ 。

7.

查表得 387.5 K、101 325 Pa 下空气的黏度为 $\mu = 2.25 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, 密度为 $\rho = \frac{pM}{RT} = 0.912 \text{ kg/m}^3$ 。

(1)

直 径 $d_1 = 0.4 \mu\text{m}$, 近 似 计 算 坎 宁 汉 修 正 系
数 $C = 1 + \frac{0.165}{d_1} = 1.4125$, $u_1 = \frac{d_1^2 \rho_p}{18\mu} gC = 1.26 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 。 $h_1 = u_1 t = 3.78 \times 10^{-4} \text{ m}$ 。

(2)

直径 $d_2 = 40 \mu\text{m}$, 忽略坎宁汉修正, 假设其位于斯托克斯区, $u_2 = \frac{d_p^2 \rho_p}{18\mu} g = 8.93 \times 10^{-2} \text{ m/s}$, $Re = \frac{d_p \rho u_2}{\mu} = 0.0145 < 1$, 符合要求。 $h_2 = u_2 t = 2.68 \text{ m}$ 。

(3)

直径 $d_3 = 4000 \mu\text{m}$, 直接考虑位于湍流过渡区, $u_3 = 1.74 \sqrt{\frac{d_p(\rho_p - \rho)g}{\rho}} = 17.34 \text{ m/s}$, $Re = \frac{d_p \rho u_3}{\mu} = 281$, 满足 $1 < Re < 500$, 符合要求。 $h_3 = u_3 t = 520 \text{ m}$ 。

8.

查表得 293 K、101 325 Pa 下空气的黏度为 $\mu = 1.81 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, 密度为 $\rho = \frac{pM}{RT} = 1.206 \text{ kg/m}^3$ 。

考虑最小粒径的水泥颗粒, $d_p = 25 \mu\text{m}$, 忽略坎宁汉修正, 假设其位于斯托克斯区, $u_s = \frac{d_p^2 \rho_p}{18\mu} g = 3.69 \times 10^{-3} \text{ m/s}$, 计算 $Re = \frac{d_p \rho u_s}{\mu} = 6.26 \times 10^{-2} < 1$, 符合要求。

则沉降时间 $t = \frac{h}{u_s} = 122 \text{ s}$, 最远距离 $s = v_0 t = 171 \text{ m}$ 。

第 3 次作业

1.

恰好完全分离时, 最大石英颗粒和最小角闪石颗粒应具有相同的终端沉降速率。代入牛顿区终端沉降速率公式 $u_s = 1.74 \sqrt{\frac{d_p(\rho_p - \rho)g}{\rho}}$ 得: $\frac{d_{p1}}{d_{p2}} = \frac{\rho_{p2} - \rho}{\rho_{p1} - \rho} = \frac{3.5}{2.6} = 1.37$, 即最大石英粒径与最小角闪石粒径的最大比值为 1.37。

2.

给定温度 293 K、气压 101 325 Pa 条件下, 求得空气密度 $\rho = \frac{pM}{RT} = 1.206 \text{ kg/m}^3$, 黏度 $\mu = 1.809 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

先按斯托克斯区计算终端沉降速度, $u_s = \frac{d_p^2(\rho_p - \rho)g}{18\mu} = 2.23 \text{ m/s}$, 雷诺数 $Re_p = \frac{d_p \rho u}{\mu} = 29.7$, 超出斯托克斯区范围, 不符合假设。

按湍流过渡区计算终端沉降速度, $u_s = \frac{0.153 d_p^{1.14} (\rho_p - \rho)^{0.714} g^{0.714}}{\mu^{0.428} \rho^{0.286}} = 1.04 \text{ m/s}$, 雷诺数 $Re_p = \frac{d_p \rho u}{\mu} = 13.8$, 符合湍流过渡区范围。

阻力系数 $C_D = \frac{18.5}{Re_p^{0.6}} = 3.83$, 阻力 $F_D = \frac{1}{2} C_D A_p \rho u^2 = 7.76 \times 10^{-8} \text{ N}$ 。

3.

给定温度 293 K、气压 101325 Pa 条件下, 求得空气密度 $\rho = \frac{pM}{RT} = 1.206 \text{ kg/m}^3$, 黏度 $\mu = 1.809 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

考虑最小粒径的水泥颗粒, $d_p = 25 \mu\text{m}$, 忽略坎宁汉修正, 假设其位于斯托克斯区, $u_s = \frac{d_p^2(\rho_p - \rho)g}{18\mu} = 3.69 \times 10^{-3} \text{ m/s}$, 计算 $Re_p = \frac{d_p \rho u}{\mu} = 6.26 \times 10^{-2} < 1$, 符合要求。

则沉降时间 $t = \frac{h}{u_s} = 122 \text{ s}$, 最远距离 $s = u_0 t = 171 \text{ m}$ 。

4.

给定温度 433 K、气压 101325 Pa 条件下, 求得空气密度 $\rho = \frac{pM}{RT} = 0.816 \text{ kg/m}^3$, 黏度 $\mu = 2.5 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

$d_p = 10 \mu\text{m}$ 时, 假设其位于斯托克斯区, $u_s = \frac{d_p^2(\rho_p - \rho)}{18\mu} \frac{u_t^2}{R} = 0.768 \text{ m/s}$, 计算 $Re_p = 0.25$ 符合要求。

$d_p = 500 \mu\text{m}$ 时, 假设其位于牛顿区, 有 $0.055\pi\rho d_p^2 u_s^2 = \frac{\pi d_p^3 \rho_p}{6} \frac{u_t^2}{R}$, 即 $u_s = 1.74 \sqrt{\frac{d_p(\rho_p - \rho)}{\rho} \frac{u_t^2}{R}} = 80.1 \text{ m/s}$, 计算 $Re_p = 1307$ 符合要求。

5.

在条件相同的情况下, 多层重力沉降室除尘效率正比于层数, 即 $\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{n_1 + 1}{n_2 + 1}$, 则 $n_2 + 1 = \frac{\eta_2(n_1 + 1)}{\eta_1} = \frac{0.8 \times 18}{0.649} = 22.2$, 即设置 23 层可得到 80 % 的操作效率。

6.

求得 $\mu = 0.067 \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{h}) = 1.86 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s}) = 1.86 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

假设位于斯托克斯区, $d_{min} = \sqrt{\frac{18\mu v_0 H}{\rho_p g L}} = 8.39 \times 10^{-5} \text{ m} = 83.9 \mu\text{m} < 100 \mu\text{m}$, 满足要求。

7.

$q_v = 3.61 \text{ L/min} = 6.02 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ 。

对粒径为 $0.63 \mu\text{m}$ 的粒子, 估算其坎宁汉修正系数 $C = 1 + \frac{0.165}{d_p} = 1.26$, $u_s = \frac{d_p^2 \rho_p g C}{18\mu} = 1.57 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, 沉降效率 $\eta = \frac{u_s L W (n + 1)}{q_v} = 52.3 \%$ 。

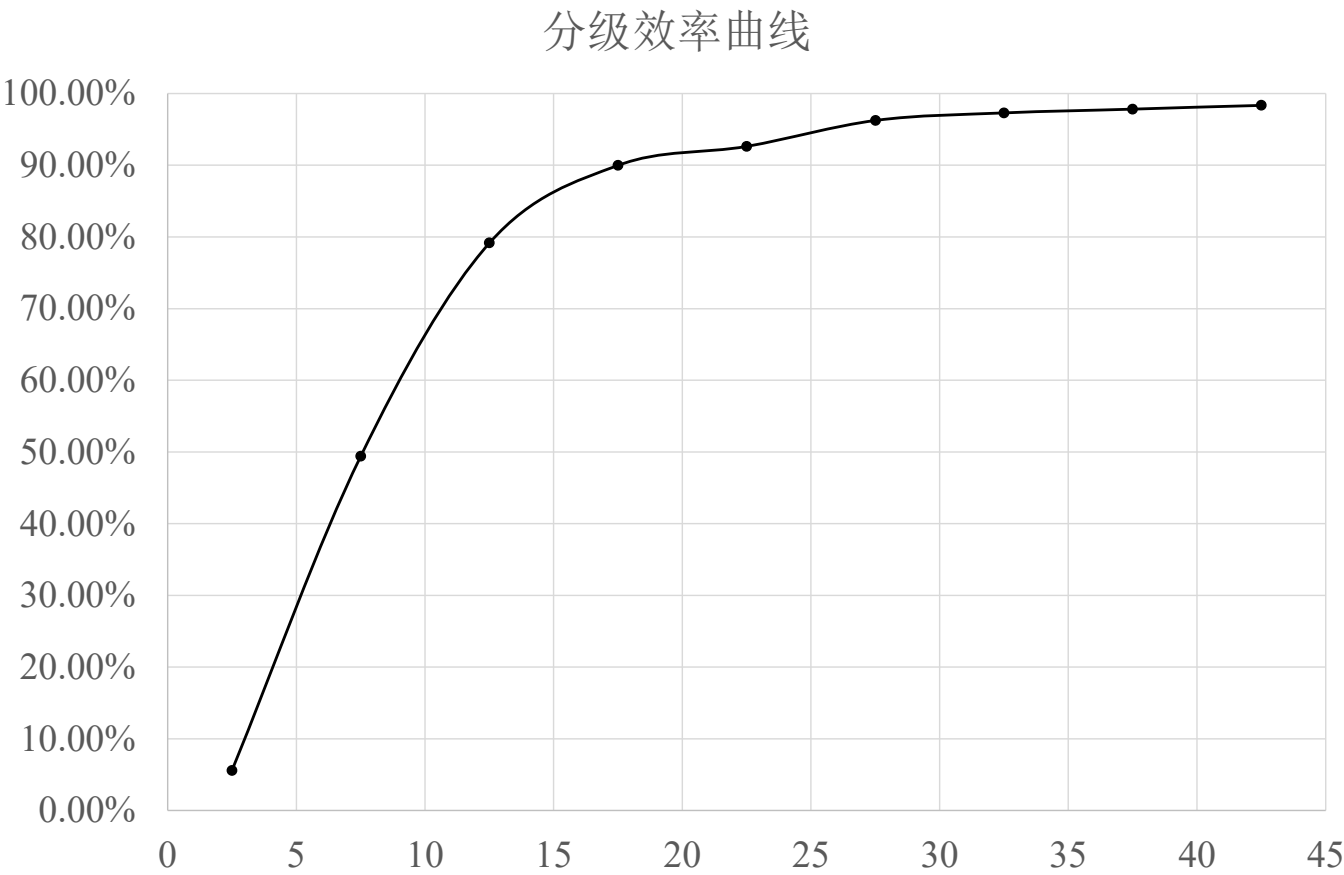
对粒径为 $0.83 \mu\text{m}$ 的粒子, 估算其坎宁汉修正系数 $C = 1 + \frac{0.165}{d_p} = 1.20$, $u_s = \frac{d_p^2 \rho_p g C}{18\mu} = 2.60 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, 沉降效率 $\eta = \frac{u_s L W (n + 1)}{q_v} = 86.3 \%$ 。

8.

按公式 $\eta_i = \frac{\eta}{\eta + P g_{2i} / g_{3i}}$ ，计算分级效率，如表 3-1 所示：

表 3-1 分级效率				
d_p	d_{pi}	g_{3i}	g_{2i}	η_i (%)
0 ~ 5	2.5	0.5	76	5.59
5 ~ 10	7.5	1.4	12.9	49.41
10 ~ 15	12.5	1.9	4.5	79.17
15 ~ 20	17.5	2.1	2.1	90.00
20 ~ 25	22.5	2.1	1.5	92.65
25 ~ 30	27.5	2	0.7	96.26
30 ~ 35	32.5	2	0.5	97.30
35 ~ 40	37.5	2	0.4	97.83
40 ~ 45	42.5	2	0.3	98.36
>45	N/A	84	1.1	99.9

按照上表计算结果作出分级效率曲线，如图 1 所示：



由图得，分割粒径为 7.5 μm。

9.

$$\eta_i = \frac{(d_{pi}/d_c)^2}{1 + (d_{pi}/d_c)^2} = \frac{(d_{pi}/5)^2}{1 + (d_{pi}/5)^2} = \frac{(d_{pi})^2}{25 + (d_{pi})^2},$$

$$\eta = \int_0^{+\infty} \eta_i q dd_{pi} = \int_0^{+\infty} \frac{(d_{pi})^2}{25 + (d_{pi})^2} q dd_{pi},$$

由于颗粒粒径分布符合对数正态分布, $D_m = 20 \mu\text{m}$, $\sigma = 1.25$, 则

$$q = \frac{1}{\sqrt{2\pi}d_{pi} \ln \sigma_g} \exp \left[-\left(\frac{\ln d_{pi}/d_g}{\sqrt{2} \ln \sigma_g} \right)^2 \right] = \frac{1.79}{d_{pi}} e^{-10.04(\ln d_{pi}/20)^2}.$$

积分可得 $\eta = 96.3\%$ 。

10.

(1)

四块板子将电除尘器分成 3 个通道, 则 $q_V = 2/3 \text{ m}^3/\text{s} = 0.667 \text{ m}^3/\text{s}$, 板面积 $A = 2 \times 3.66^2 \text{ m}^2 = 26.8 \text{ m}^2$ 。

则 $\eta_i = 1 - e^{-26.8 \times 0.122/0.667} = 99.3\%$ 。

(2)

流量为 50 % 的通道达到最大速度, $v_{\max} = 0.5$; 平均速度为 $\bar{v} = 1/3$, 则二者比值为 $\frac{0.5}{1/3} = 1.5$ 。

查图 6-27 得校正系数 $F_V = 1.75$, 则通过率 $P = (1 - \eta_i)F_V = 1.22\%$, 分级效率 $\eta_i = 1 - P = 98.8\%$ 。

11.

(1)

代入 $d_p = 0.9 \mu\text{m}$ 时 $\eta = 0.5$, 求得 $k = -\frac{\ln(1 - \eta)}{d_p} = 0.77 \mu\text{m}^{-1}$ 。

按公式计算, 如表 3-2 所示:

表 3-2 分级除尘效率

质量分数/ %	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100
平均粒径/ μm	3.5	8.0	13.0	19.0	45.0
分级效率/ %	93.25%	99.79%	100.00%	100.00%	100.00%

则总分级效率 $\eta = \sum \eta_i g_{li} = 98.61\% > 98\%$ 。

(2)

排放浓度为 $\rho = 30 \times (1 - 98.61\%) \text{ g/m}^3 = 0.417 \text{ g/m}^3 < 0.5 \text{ g/m}^3$, 符合环境保护的相关规定。

(3)

满足使用者需要。

12.

给定温度 297 K, 求得空气黏度 $\mu = 1.829 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

当粒径为 $d_p = 10 \mu\text{m}$ 、液滴直径为 $d_D = 50 \mu\text{m}$ 时, 碰撞数

$$M = \sqrt{St} = \sqrt{\frac{d_p^2 \rho_p \Delta u}{18 \mu d_D}} = 19.09, \quad R = d_p/d_D = 0.2, \quad \eta = e^{-(0.018 M^{0.5+R}/R-0.6 R^2)} = 50.39 \%$$

同理分别求出粒径为 10 μm、50 μm 和液滴直径在 50 μm、100 μm、500 μm 下的捕集效率，如表 3-3 所示：

表 3-3 捕集效率		
液滴直径/ μm \ 粒径/ μm	10	50
50	50.39%	0.00%
100	42.66%	10.23%
500	10.11%	25.05%

13.

按公式 $P = \exp\left(-\frac{6.1 \times 10^{-9} \rho_L \rho_p d_p^2 f^2 \Delta p}{\mu_G^2}\right)$ ，其中 $\Delta p = -1.03 \times 10^{-3} v_T^2 \left(\frac{q_{V,L}}{q_{V,G}}\right) = 96.5 \text{ cmH}_2\text{O}$ ，则 $P = e^{-0.331 d_p^2}$ 。求出各粒径分级效率，如表 3-4 所示：

表 3-4 分级效率			
$d_p/\mu\text{m}$	$d_{pi}/\mu\text{m}$	$g_i/\%$	$\eta_i/\%$
< 0.1	0.05	0.01	0.1
0.1 ~ 0.5	0.3	0.21	2.9
0.5 ~ 1.0	0.75	0.78	17.0
1.0 ~ 5.0	3	13	94.9
5.0 ~ 10.0	7.5	16	100.0
10.0 ~ 15.0	12.5	12	100.0
15.0 ~ 20.0	17.5	8	100.0
> 20.0	N/A	50	100.00%

则总除尘效率 $\eta = \sum_i g_i \eta_i = 98.5 \%$ 。

14.

给定温度 293 K、气压 101325 Pa 条件下，求得空气密度 $\rho = \frac{pM}{RT} = 1.206 \text{ kg/m}^3$ ，黏度 $\mu = 1.809 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

雨滴直径为 2 mm，位于牛顿区，终端沉降速率 $u_D = 1.74 \sqrt{\frac{d_D \rho_D g}{\rho}} = 7.02 \text{ m/s}$ 。

颗粒物密度取 $\rho_p = 2.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，则碰撞数 $M = \sqrt{St} = \sqrt{\frac{d_p^2 \rho_p \Delta u}{18 \mu d_D}} = 0.194$ ，查教材图 5-16 (3A) 得 $\eta_t = 15 \%$ 。

由公式，每个雨滴下降过程中补给的颗粒物质量 $M = \frac{\pi}{4} d_D^2 \Delta z c \eta_t = 1.13 \times 10^{-2} \mu\text{g}$ 。

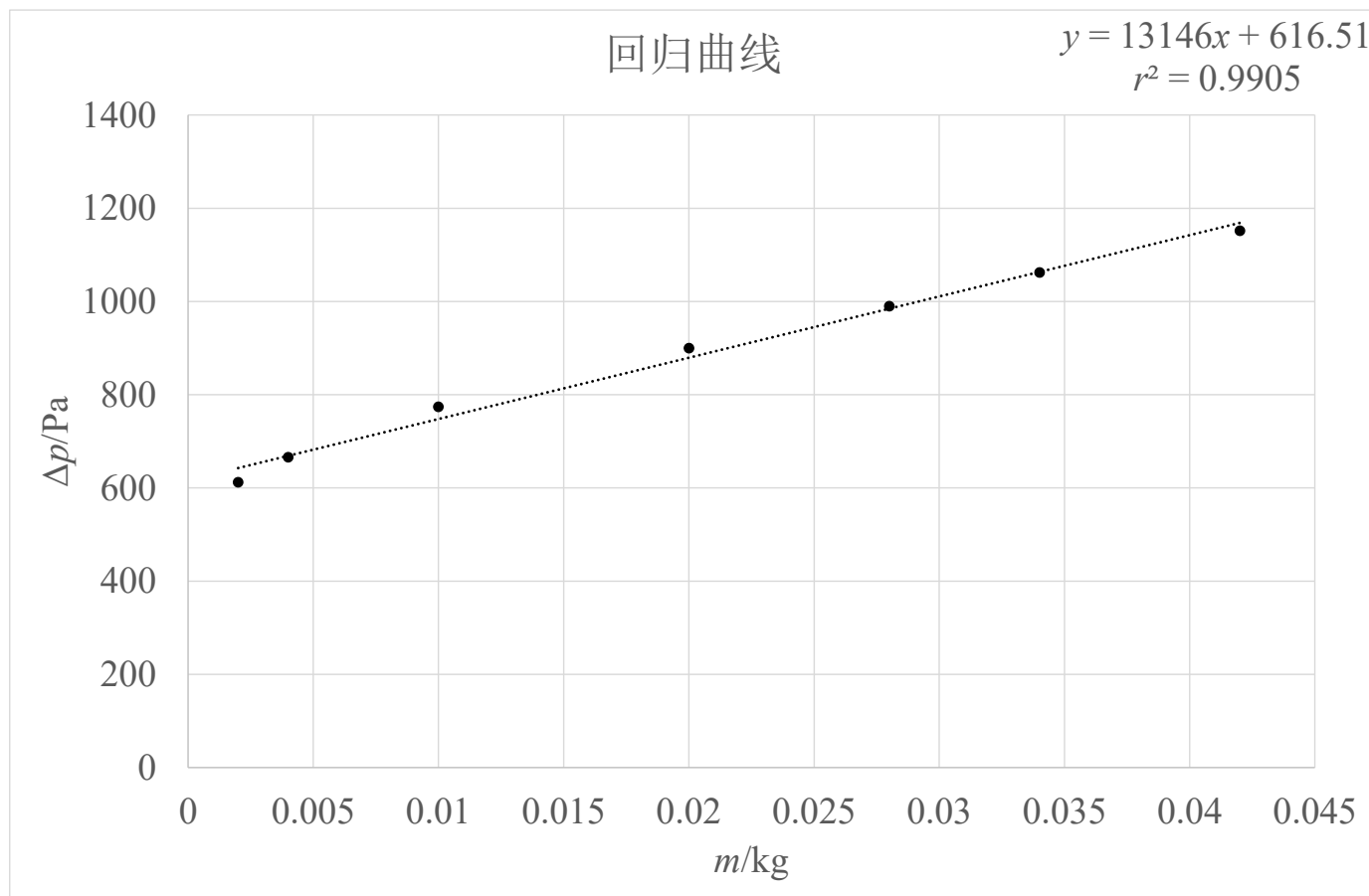
雨滴自身质量 $M_D = \frac{\pi d_D^3 \rho_D}{6} = 4.19 \times 10^3 \mu\text{g}$, 则比例为 $\frac{1.13 \times 10^{-2}}{4.19 \times 10^3} = 2.7 \times 10^{-4} \%$ 。

15.

给定温度 300 K 条件下, 求得空气黏度 $\mu = 1.845 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

由公式 $\Delta p = \Delta p_0 + \Delta p_p = \Delta p_0 + \frac{x_p \mu_g U}{K_p}$, 其中 $x_p = \frac{m}{\rho_p S}$, 则 Δp 和 m 成线性关系, 斜率为 $\frac{\mu_g U}{K_p \rho_p S}$ 。

对 Δp 和 m 作散点图如图 3-2 所示:



求得回归曲线斜率为 $k = 13146 \text{ Pa/kg}$, 则 $K_p = \frac{\mu_g U}{k \rho_p S} = 3.51 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ 。

16.

(1)

给定温度 293 K、气压 101325 Pa 条件下, 求得空气密度 $\rho = \frac{pM}{RT} = 1.206 \text{ kg/m}^3$, 黏度 $\mu = 1.809 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

代入公式 $P = \exp\left(-\frac{7z v_s D_{pa}^2}{9D_c^2 \mu_G \epsilon}\right) = e^{-4.30} = 0.0136$, 则 $\eta = 1 - P = 98.6 \%$ 。

(2)

捕集效率为 99.9 % 时, $P = 0.001$, 代入公式得 $z = -\frac{9D_c^2 \mu_G \epsilon \ln P}{7v_s D_{pa}^2} = 3.21 \text{ m}$ 。

(3)

由《Air Pollution Control Engineering》公式, 穿透率 $P = \exp\left(-\frac{\pi N v_c D^2 \rho_p}{9 W_i \mu}\right)$,
 取 $W_i = 0.25 D_c$, $N = \frac{0.5z}{D_c}$, $v_c = \frac{v_s}{\varepsilon}$, $D_{pa} = D^2 \rho_p$, 取 $2\pi = 7$, 即有 $P = \exp\left(-\frac{7z v_s D_{pa}^2}{9 D_c^2 \mu G \varepsilon}\right)$ 。

